

# SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO DA HIDRELÉTRICA DE QUILLECO – CHILE <sup>1</sup>

Murilo Ribeiro Ferreira <sup>2</sup>

Esdras Lima e Silva <sup>3</sup>

Oto José de Paula <sup>4</sup>

Ronaldo Lúcio Pimentel <sup>5</sup>

Fernando Antônio de Abreu Lamounier <sup>6</sup>

## Resumo

Este trabalho apresenta uma descrição do projeto de automação da usina hidrelétrica de Quilleco, que se encontra a 35 quilômetros da cidade de Los Angeles, na bacia do rio Laja, VIII região de Bio-bio, no Chile. A usina consiste em duas turbinas de 35 MW, integrando o complexo hidrelétrico de geração composto por Rucúe, Quilleco e Charrúa. O projeto desenvolvido para o sistema de supervisão e controle da usina, teve como premissa possibilitar a operação desassistida de toda a usina, a partir da sala de controle da usina de Rucúe. Desta forma, a automação foi concebida objetivando possibilitar alta disponibilidade do sistema, reduzir os tempos de diagnose e fornecer ferramentas de agilização da manutenção. A automação foi baseada em controladores lógicos programáveis (CLPs) e sistema supervísório SCADA, com utilização de grande diversidade de redes de comunicação incorporadas, para controle, redundância de dados e contingência de informações operacionais. bem como interface remota com a central de controle de cargas da empresa, localizada em Santiago, a 600 Km de Quilleco.

**Palavras-chave:** Usina hidrelétrica; *Sequence-of-Events* (SoE); Redes industriais, ICCP.

## CONTROL AND SUPERVISION SYSTEM OF QUILLECO HYDROELECTRIC PLANT

### Abstract

This paper presents a Quileco Hydroelectric Plant's Automation project, located 35 kilometers from Los Angeles city in Laja River's basin, Bio-Bio/Chile VIII Region. The Plant consists of two turbines of 35MW, integrating the Hydroelectric Complex composed by Rucúe, Quileco and Charrúa generation. The Plant's Control and Supervision System developed had a premise to make possible the whole total self-controlled operation from the Rucúe Control Room. As the automation was conceived objectifying the High System availability to reduce the diagnosis time and to supply maintenance and quickness tools. The automation was based on a Programmable Logical Controllers (PLCs) and a Supervisory System (Scada), with a several use of Communication networks, redundancy and data flow application of operational information and control, as well as remote interface with a Load Control Center Company located in Santiago (Chile) from 600 kilometers by Quilleco.

**Key words:** Hydroelectric plant; *Sequence-of-Events* (SoE); Industrial networks; ICCP.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 12º Seminário de Automação de Processos, 1 a 3 de outubro de 2008, Vitória, ES*

<sup>2</sup> *Engenheiro de Controle e Automação – TSA Tecnologia de Sistemas de Automação.*

<sup>3</sup> *Técnico em Mecatrônica – TSA Tecnologia de Sistemas de Automação.*

<sup>4</sup> *Analista de Sistemas – TSA Tecnologia de Sistemas de Automação.*

<sup>5</sup> *Técnico em Eletrotécnica – Energ Power.*

<sup>6</sup> *Engenheiro Eletricista – Energ Power.*

## 1 INTRODUÇÃO

A Colbún é uma empresa privada Chilena, concessionária de energia elétrica, que atua na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Chile. A Empresa Eléctrica Colbún Machicura S.A., antecessora de Colbún S.A., teve sua origem em abril de 1896. Atualmente passou a se chamar simplesmente Colbún S.A. É integrada por diversas usinas de geração (Colbún, Machicura, San Ignacio, Rucúe, Carena, Canutillar, Los Quilos, Blanco, Juncal, Chacabuquito, Quilleco e Charrúa).

A energia elétrica gerada na usina de Quilleco, utiliza água oriunda de degelo da cordilheira dos Andes, sendo esta represada e direcionada para os condutos forçados para acionar as turbinas das duas máquinas de geração que a compõem. Sendo uma usina intermediária, Quilleco está entre Rucúe e Charrúa, com duas máquinas de 35MW, interligando as linhas Quilleco – Rucúe e Quilleco – Charrúa.

O sistema de controle composto por CLPs e sistema supervisório é integrado a sistemas GPS, relés de proteção, multimedidores de energia, reguladores de velocidade e tensão, concentradores de variáveis analógicas e sistema PIMS, englobando diversas tecnologias diferentes, aumentando sua complexidade.

Para agilizar a manutenção e acesso aos sistemas, Quilleco contém uma rede Ethernet com topologia em anel, interligando todos os CLPs, estações locais e estações de operação da sala de controle, provendo um *link* de rede confiável entre a Usina e a sala de controle, o que permite a confiabilidade necessária para a operação à distância.

## 2 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

Para a operação remota da usina de Quilleco, a sala de controle em Rucúe conta com duas estações de operação, uma estação de engenharia e proteção e duas *Gateways*. Para sua operação local, a usina possui oito estações locais, compostas por microcomputadores tipo desktop, instaladas em painéis, com monitores de vídeo de 19 pol., distribuídas em suas respectivas áreas produtivas e de serviços auxiliares. Na Figura 1 é exibida a configuração do sistema de controle existente em Quilleco.

Os CLPs são da família Controllogix da Rockwell Automation, com CPU redundante e módulos de rede Ethernet e ControlNet redundantes.

Parte dos módulos de entrada digital é do modelo SOE, (*Sequence of Events*), com precisão mínima de 01 milissegundo. Este tipo de cartão armazena o *timestamp* da mudança de estado de cada entrada, com capacidade para armazenamento de até 160 transições de estado por módulo. Na Tabela 1, é mostrada a quantidade de pontos de cada CLP da usina.

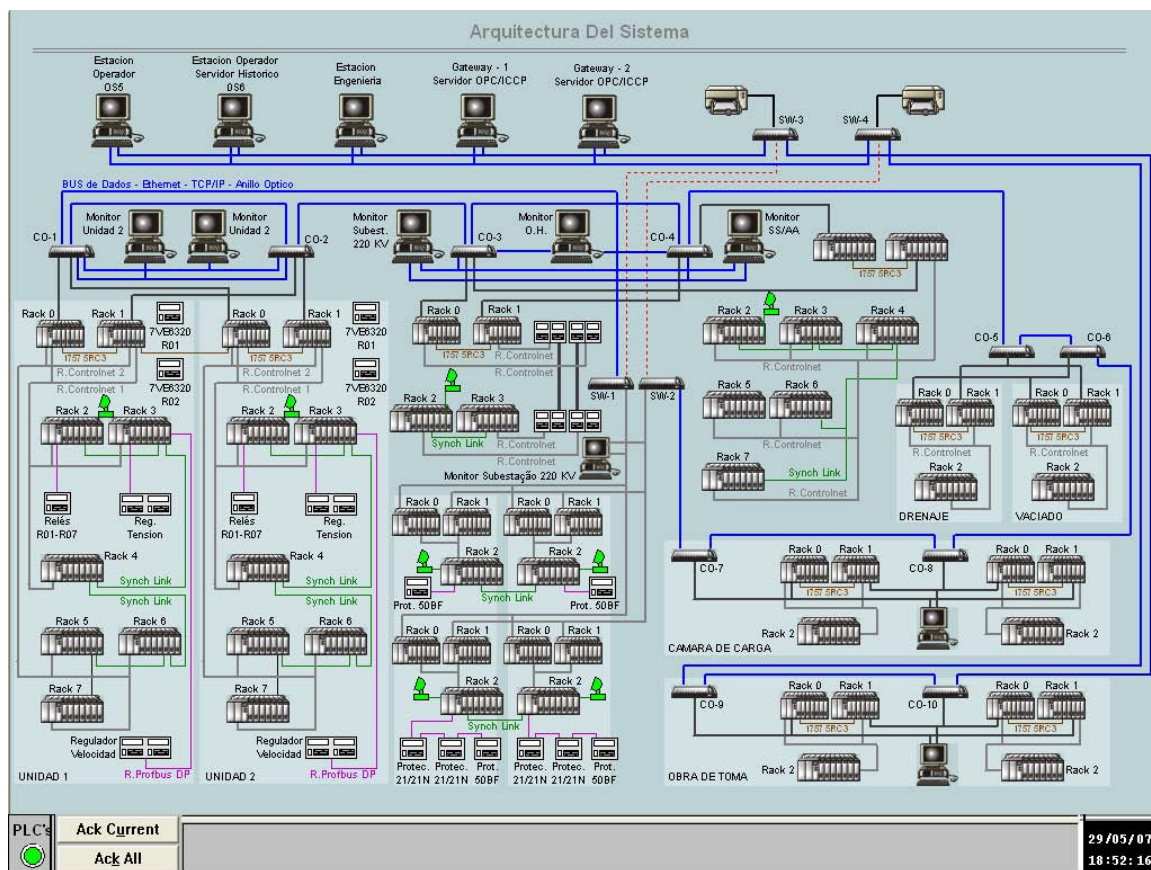


Figura 1 – Configuração do Sistema de Controle.

Tabela 1 – CLPs e Pontos de E/S do Sistema de Controle.

CLPs E PONTOS DE ENTRADAS E SAÍDAS DA CONFIGURAÇÃO DA USINA QUILLECO					
PLC	Área	PONTOS DE ENTRADAS E SAÍDAS			
		SOE	DIGITAIS	ANALÓGICOS	TOTAL
PLC 1	Unidade Geradora 1	672	112	60	844
PLC 2	Unidade Geradora 2	672	112	60	844
PLC 3	Sub-Estação Quilleco	208	48	0	256
PLC 4	Paño Rucúe Quilleco	96	16	12	124
PLC 5	Paño Quilleco Charruá	96	16	12	124
PLC 6	Paño Trafo Gerador 1	64	16	0	80
PLC 7	Paño Trafo Gerador 2	64	16	0	80
PLC 8	Serviços Auxiliares	112	880	36	1028
PLC 9	Drenagem	0	48	6	54
PLC 10	Esgotamento	0	48	6	54
PLC 11	Câmara de Carga – Comportas	0	80	12	92
PLC 12	Câmara de Carga – Serviços Auxiliares	0	160	0	160
PLC 13	Obras de Toma – Comportas	0	144	12	156
PLC 14	Obras de Toma – Serviços Auxiliares	0	208	12	220
<b>Total</b>		<b>1984</b>	<b>1904</b>	<b>228</b>	<b>4116</b>

## 2.1 Sistemas SOE e GPS

Para realizar o sincronismo da base de tempo de todos os CLPs foram utilizados módulos GPS (*Global Positioning System*) da Hiprom Technologies instalados nos primeiros racks remotos de cada CLP. Cada módulo GPS possui uma antena própria instalada de forma a receber o sinal de até treze satélites que fornecem a data e hora local. Os outros racks remotos que não possuem módulo GPS, são sincronizados utilizando módulos SYNCH conectados por fibra ótica. Estes módulos recebem um sinal do *rack* que contém o módulo GPS, informando o valor CST (*Coordinated System Time*) do *backplane* principal. O valor CST é um número de 64 bits com contagem de microssegundos a partir de uma data fixada na fabricação do equipamento. Todos os módulos do *rack* acessam o valor CST e ajustam a sua base de tempo, incluindo os módulos de entrada SOE.

O sincronismo dos relés de proteção utilizou outra configuração, contendo um equipamento GPS central independente, que envia um sinal IRIG-B aos relés de proteção. O sinal IRIG-B é um sinal de frequência unidirecional, enviado aos diversos relés através de um cabo par trançado ou fibra ótica, fazendo com que tanto os relés, quanto os CLPs, operem na mesma base de tempo.

## 2.2 Configurações de Rede

O sistema de controle e supervisão da usina possui vários tipos de rede, com propósitos e funcionamentos diferentes. As redes foram divididas de acordo com sua função da seguinte forma:

- Rede corporativa;
- Rede de controle;
- Redes de I/O;
- Rede de campo;
- Rede de eventos;
- Rede de oscilografia;
- Rede de sincronismo.

### 2.1.1 Rede corporativa

A rede corporativa é composta por todo o sistema de rede TI da empresa, interligando todas as centrais hidroelétricas e a central de controle de cargas. Utiliza a rede Ethernet para comunicação com servidores de arquivos, impressão e acesso a internet. A transferência dos dados da usina para a central de controle de cargas é feita através da rede corporativa por meio do protocolo ICCP Tase-2.

O “*Telecontrol Application Service Element (TASE.2) Protocol*” (também conhecido como *Inter-Control Centre Communications Protocol*, ICCP) permite a troca de dados ao longo de redes WAN (*Wide Area Networks*) entre um centro de controle utilitário e outros centros de controle, outros centros utilitários, Power pools (centrais de geração), centros de controle regionais e geradores não-utilitários. O intercâmbio de dados consiste de informações em tempo real e monitoração de históricos de sistemas de potência, incluindo valores medidos, agendamento de dados, dados de consumo de energia, mensagens de operação.<sup>(1)</sup>

As duas *gateways* redundantes localizadas em Rucúe provêm a interface entre a rede corporativa e a rede de controle para aquisição de dados. Cada *gateway* possui três aplicativos, um servidor OPC que se comunica com os CLPs

através da rede de controle (KepserverEX da Kepware), um servidor OPC/ICCP (AX-S4 ICCP da SISCO) que se comunica com a central de controle de cargas através da rede corporativa (WAN) e um cliente OPC (LinkMaster da Kepware) que realiza o link de comunicação entre os dois servidores OPC.

Na central de controle de cargas um aplicativo cliente OPC/ICCP se comunica com o servidor OPC/ICCP do gateway, disponibilizando os dados por meio do servidor OPC. Estes dados são então requisitados por um cliente OPC que os armazena em um sistema PIMS (InfoPlus IP21 da AspenTech). Os dados são armazenados no sistema PIMS, contendo cada um o seu *timestamp* originado no dispositivo de campo e a qualidade do dado, permitindo comparar eventos e variáveis analógicas entre várias usinas, em tempo real, independente do tempo que o dado leva do ponto de origem ao ponto de armazenamento.

### **2.1.2 Rede de controle**

A rede de controle permite o acesso aos dados, comandos e eventos de processo pelo Sistema Supervisório, bem como a configuração e edição de lógicas dos CLPs. A estação de engenharia e proteção também utiliza a mesma rede para o tráfego de dados.

Fisicamente a rede possui uma topologia em anel utilizando switches industrial ethernet 10/100 Mbps modelo OpenRail e Mice da Hirschmann com conexão através de fibra ótica e rádio microondas, com as seguintes características:

- HIPER-Ring (ring structure);
- RSTP (rapid spanning tree protocol);
- Redundant network/ring coupling (master/receiver);
- Dual homing (master/receiver);
- Redundant 24 V power supply.

Esta topologia foi indicada por possuir a confiabilidade necessária para permitir a operação desassistida da usina. O Quadro 1 mostra a localização e o modelo de cada switch e estações utilizadas no sistema de controle.

**Quadro 1 – Switches e Estações de Operação**

SWITCHES (SW ou CO) E ESTAÇÕES DE OPERAÇÃO (OS, GW ou ES)	Modelo	Área
SW-1	Mice	Switch Sub-estação Quilleco
SW-2	Mice	Switch Sub-estação Quilleco
SW-3	Mice	Switch Sala de Controle Rucúe
SW-4	Mice	Switch Sala de Controle Rucúe
CO-1	OpenRail	Switch Unidade Geradora 1
CO-2	OpenRail	Switch Unidade Geradora 2
CO-3	OpenRail	Switch Casa de Máquinas (Painel Remota Sub-Estação)
CO-4	OpenRail	Switch Serviços Auxiliares
CO-5	OpenRail	Switch Drenagem
CO-6	OpenRail	Switch Esgotamento
CO-7	OpenRail	Switch Câmara de Carga – Comportas
CO-8	OpenRail	Switch Câmara de Carga – Serviços Auxiliares
CO-9	OpenRail	Switch Obras de Toma – Comportas
CO-10	OpenRail	Switch Obras de Toma – Serviços Auxiliares
OS-5	Dell OptiPlex	Estação de Operação Sala de Controle Rucúe
OS-6	Dell OptiPlex	Estação de Operação Sala de Controle Rucúe
ES-1	Dell OptiPlex	Estação de Engenharia Sala de Controle Rucúe
GW-1	Dell OptiPlex	Gateway Rucúe
GW-2	Dell OptiPlex	Gateway Rucúe
OS-1	Dell OptiPlex	Estação Local Unidade Geradora 1
OS-2	Dell OptiPlex	Estação Local Unidade Geradora 2
OS-3	Dell OptiPlex	Estação Local Sub-Estação
OS-4	Dell OptiPlex	Estação Local Serviços Auxiliares
OS-7	Dell OptiPlex	Estação Local Câmara de Carga
OS-8	Dell OptiPlex	Estação Local Obras de Toma

### 2.1.3 Rede de I/O

A rede de I/O engloba a comunicação entre os CLPs e as remotas de I/O de cada unidade utilizando protocolo ControlNet, proprietário da Rockwell. Neste projeto foram utilizados dois canais de comunicação redundantes para cada rede, provendo maior disponibilidade dos CLPs e dois sinais de entrada e saída. No caso dos CLPs das unidades geradoras, foram utilizados dois módulos de rede ControlNet, devido ao grande volume de tráfego de dados.

### 2.1.4 Rede de campo

As redes de campo são utilizadas neste projeto para realizar a comunicação entre os CLPs e os equipamentos da planta como regulador de velocidade, regulador de tensão, multimedidores, carregadores de bateria, gerador diesel e concentradores de analógicas. Para a comunicação com o regulador de velocidade foi utilizado o protocolo Profibus-DP, por ser este o único protocolo de comunicação disponibilizado pelo equipamento. Para os demais equipamentos foi utilizado o protocolo Modbus RTU.

### 2.1.5 Rede de eventos

A rede de eventos foi denominada neste projeto como sendo a rede de comunicação entre os relés de proteção da Siemens e os CLPs. O protocolo de comunicação utilizado foi o IEC-103,<sup>(2-4)</sup> amplamente utilizado em sistemas elétricos. Esta rede foi

denominada rede de eventos, pois realiza o envio dos eventos de alarme, trip e *pick-up* originados dos relés, bem como a leitura de valores analógicos. A escolha do protocolo IEC-103 foi devido a sua capacidade de envio de eventos com *timestamp*, pré-requisito para a análise dos eventos da planta em tempo real.

### 2.1.6 Rede de oscilografia

A rede de oscilografia permite a parametrização remota de todos os relés de proteção e análises de oscilografia por tempo, fasorial, análise harmônica e eventos. O protocolo de comunicação DGSI, proprietário da Siemens, foi utilizado por serem todos os relés de sua fabricação. A rede DGSI é conectada a rede de controle ethernet, através de um conversor, permitindo o acesso a todos os relés a partir da estação de engenharia e proteção.

### 2.1.7 Rede de sincronismo

A rede de sincronismo foi denominada neste projeto como sendo a rede utilizada para o sincronismo dos relés de proteção a partir do sistema GPS. Esta rede não é uma rede de comunicação propriamente dita, sendo apenas um sinal de frequência não modulado de apenas um sentido, denominado IRIG-B, um padrão de *timecode* criado pela Telecommunications and Timing Group, Range Commanders Council. O padrão IRIG-B, sendo a última versão padrão o IRIG STANDARD 200-04,<sup>(5)</sup> especifica um sinal de 100 pps (pulsos por segundo) para enviar um código contendo o formato *timecode* necessário para o sincronismo de tempo dos relés de proteção.

Outro componente importante englobado na denominação de rede de sincronismo é a conexão dos módulos SYNCH às remotas de I/O que não possuem módulo GPS, fazendo o sincronismo do *backplane* dos *racks* remotos.

## 3 A METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Visando minimizar ao máximo a possibilidade de imprevistos ou incompatibilidades na implantação e posta em marcha, foram realizados diversos testes de plataforma, durante e ao final do desenvolvimento do projeto. Estes testes foram fundamentais para o sucesso da implantação, pois o sistema possuía equipamentos de diversos fabricantes e tecnologias diferentes que ainda não haviam sido integrados. Alguns dos principais testes incluem:

- Testes das lógicas dos CLPs, com rotinas de simulação;
- Testes de redundância de CLPs e módulos ControlNet com análise de desempenho;
- Testes de redundância da rede de controle, incluindo switches, módulos ethernet dos CLPs, placas de rede e estações de operação com análise de desempenho;
- Testes da rede IEC-103 em parceria com os fabricantes dos equipamentos;
- Testes do módulo GPS e cartão SOE, com geração de eventos;
- Testes de comunicação com protocolo ICCP e servidores OPC.

De forma a otimizar o tempo de desenvolvimento, testes e manutenção, os aplicativos de controle foram padronizados, sendo a lógica de programação formulada com base em típicos, estruturando os dados em classes, com uso de *tags* e mnemônicos padrões.

Os problemas com sistemas de alarmes têm perturbado a indústria por décadas e algumas técnicas para a redução emergiram das entidades nacionais e

internacionais que tratam destes problemas. A “Associação dos Usuários de Equipamento e Materiais da Engenharia (EEMUA, em inglês)” publicou um guia detalhado<sup>(6)</sup> para o projeto, a gerência e a obtenção dos sistemas de alarmes eficientes. Visando atender esta especificação, o tratamento de alarmes foi adequado focando:

- Agrupamento dos alarmes por área;
- Agrupamento em grupos de prioridade ou severidade (emergenciais, graves, leves);
- Definição de formato da tela de exibição de alarmes, incluindo consultas por área, prioridade, período;
- Ajuste das faixas de alarmes;

Com o objetivo de flexibilizar a configuração do sistema durante a implantação ou manutenção, foi utilizada a mesma configuração de hardware para as estações locais e estações de operação, o que permitia executar os mesmo aplicativos das estações da sala de controle nas estações locais, facilitando o comissionamento e *star-up*.

Outro método utilizado na implantação foi o uso de ferramentas de acesso remoto. As estações de operação, estações locais e *gateways*, estão fisicamente localizados em pontos diferentes, listando sete locais diferentes de trabalho; casa de máquinas, subestação, obra de toma, câmara de carga, sala de controle, sala dos *gateways* e central de controle de cargas em Santiago. Os softwares para acesso remoto, possibilitaram as configurações, atualizações e testes das estações e *gateways* a partir da casa de máquinas, otimizando o tempo de comissionamento. Outro fator muito importante foi a possibilidade de realizar remotamente os testes dos servidores OPC/ICCP com o sistema de controle de cargas em Santiago. Utilizando um acesso remoto em Santiago e outro na casa de máquinas, possibilitou aos técnicos acessarem os *gateways* ao mesmo tempo, provendo um canal de comunicação rápido, inclusive com acesso a internet, facilitando a configuração e os testes de comunicação.

## 4 RESULTADOS

Um sistema de detecção de seqüência de eventos para uso em um sistema de controle de processo utiliza cartões de detecção de seqüência de eventos para detectar e armazenar indicações de eventos e às vezes em que estes acontecimentos têm lugar no âmbito da rede de controle de processo. O sistema de notificação de seqüência de eventos inclui uma fonte mestra de tempo estável (GPS) que é usada, periodicamente, para sincronizar os relógios secundários dentro de cada um dos nós do sistema de controle de processo. Contadores livres estão localizados dentro de cada cartão de detecção de seqüência de eventos em cada nó e estes contadores livres são utilizados para marcar cada um evento com um valor contado quando o cartão de detecção de seqüência de eventos primeiro detecta o evento. As indicações sobre o evento e do valor associado ao evento detectado são enviados a partir de cada um dos cartões de detecção de seqüência de eventos correspondentes a um controlador que utiliza o seu relógio secundário, mais um contador da seqüência de eventos adicional e o valor de seqüência de eventos atribuída para o caso de verificar a real ou absoluta vez que o evento foi detectado na seqüência de acontecimentos pelo cartão. O evento e o tempo absoluto para esse evento são então enviados a um banco de dados de seqüência de eventos,



onde essa informação é armazenada de modo a formar um amplo relatório de seqüência de eventos.

Com o objetivo de disponibilizar uma ferramenta de análise e geração de relatórios de eventos do sistema SOE, foi desenvolvido um software dedicado, em tecnologia.NET da Microsoft e banco de dados PostgreSQL. Este software foi modelado de forma a conter três módulos, sendo o primeiro, um cliente OPC, o segundo, a rotina de armazenamento no banco de dados e o terceiro, a geração de relatórios e configuração do software e do banco de dados, conforme Figura 2.

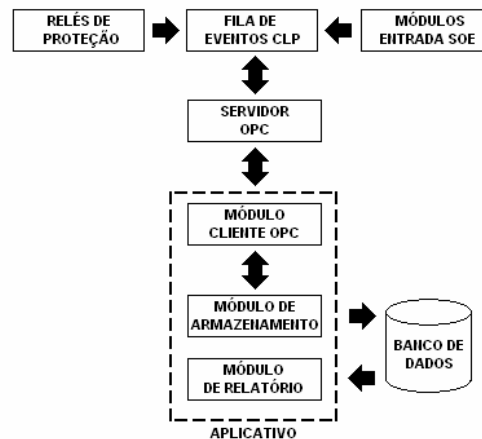


Figura 2 – Modelo do software de armazenamento de eventos

Este software permite unificar os eventos registrados pelos módulos de entrada SOE e os eventos enviados pelos relés de proteção através da rede IEC-103, de todos os CLPs da usina, em um banco de dados único. O módulo cliente OPC realiza a conexão a o servidor OPC (RSLinx da Rockwel), o qual faz aquisição dos dados de todos os CLPs. Através de uma lógica de *handshake* realizada pelo módulo de gravação, o software verifica se existe algum novo evento em qualquer um dos CLPs. Quando um novo evento é detectado, o software realiza a leitura do evento e o armazena no banco de dados. Após o armazenamento, o software envia um sinal ao CLP, eliminando o evento e disponibilizando mais espaço no *buffer* de eventos do CLP.

O software ordena os eventos cronologicamente e permite configurar diversos filtros para exibição de relatórios, por tempo, área, relé, CLP, como mostrado na Figura 3.



## Event Report

Pág. 1

Date/Time	PLC	Relay/Address	Value	Description
11/2/2008 02:49:43	U1	Rack_6:6:1.Data.9	1	DISTRIBUIDOR LLAVE DE POSICIÓN
11/2/2008 02:59:31.7298660	U1	Rack_5:10:1.Data.12	1	MOTOBOMBA SISTEMA REFRIGERACIÓN UNIDAD 1.1 CIRCUITO INDISPONIBLE
11/2/2008 03:04:14.1367440	U1	Rack_6:8:1.Data.4	1	REGULADOR DE VELOCIDAD VÁLVULA DE EMERGENCIA EN POSICIÓN PARADA
11/2/2008 04:14:23.5496620	U1	Rack_5:3:1.Data.10	0	SISTEMA DE EXCITACIÓN OPERACIÓN CENTRALIZADA
11/2/2008 04:23:00.7478400	U1	Rack_5:1:1.Data.2	0	INTERRUPTOR ALIMENTACIÓN - 52-N7 - CDF.U1 ABIERTO
11/2/2008 04:33:37.8007860	U1		0	Event description not found.
11/2/2008 04:33:38.4060160	U1		1	Event description not found.
11/2/2008 05:28:11.1698640	U1	Rack_5:12:1.Data.8	1	INTERRUPTOR BUS CC - CDCU1 - 27A31 FALLA TENSION BARRA
11/2/2008 05:28:11.6208000	U1	Rack_5:13:1.Data.2	1	INTERRUPTOR G2C CELDA SISTEMA DE EXCITACIÓN ABIERTO
11/2/2008 05:28:27.6348160	U1	Rack_6:2:1.Data.2	0	INTERRUPTOR G3K ARMARIO DE CONTROL TRANSFORMADOR DE PODER ABIERTO
11/2/2008 05:34:14.2028800	U1	Rack_4:4:1.Data.7	0	CELDA DE SINCRONIZACIÓN - UNIDAD 1 RELE RC01 EN BLOQUEO
11/2/2008 05:45:04.7870080	U1	Rack_6:6:1.Data.3	1	SISTEMA DE FRENADO TABLERO SELECTORA ADJ./AUTO
11/2/2008 05:45:06.8729600	U1	Rack_6:7:1.Data.14	0	REGULADOR DE VELOCIDAD PLC 1 PRINCIPAL
11/2/2008 05:45:07.2230400	U1		1	Event description not found.
11/2/2008 05:45:11.9450880	U1		0	Event description not found.
12/2/2008 11:31:15.1598720	U1		1	Event description not found.
12/2/2008 14:48:10.6096200	U1	Rack_5:11:1.Data.10	1	VALVULA MOTORIZADA SELLO VEDA UNIDAD 1 VALVULA MOTORIZADA BOTÓN EMERGENCIA
14/2/2008 08:34:37.5672320	U1	Rack_4:5:1.Data.9	1	EXTRACTOR POLVO SISTEMA FRENADO GENERADOR UNIDAD 1 - CDF.U1.PT CIRCUITO INDISPONIBLE
15/2/2008 05:43:30	U1	Rack_5:6:1.Data.11	1	VÁLVULA MOTORIZADA S2.1 AGUA REFRIGERACION UNIDAD 1 VALVULA MOTORIZADA CERRADA
28/2/2008 03:20:50.8007040	U1	Rack_5:5:1.Data.7	0	MOTOBOMBA DRENAJE TAPA TURBINA UNIDAD 1.2 CERRADO
12/4/2008 12:04:57	U1		1	Event description not found.
12/4/2008 12:04:57.5675360	U1		1	Event description not found.
23/4/2008 13:48:16.2028600	U1	Rack_2:6:1.Data.13	1	REGULADOR DE TENSION Q=0
23/4/2008 13:54:01	U1	Rack_2:5:1.Data.5	0	REGULADOR DE TENSION DESPERFECTO EN SISTEMA DE EXCITACIÓN
23/4/2008 13:54:01	U1	Rack_2:7:1.Data.9	0	REGULADOR DE TENSION DESPERFECTO EN SISTEMA DE EXCITACIÓN
30/4/2008 12:14:50.6267110	U1	Rack_2:3:1.Data.8	1	QE 1- INTERRUPTOR DE CAMPO ABIERTO
30/4/2008 12:14:50.6947800	U1	Rack_2:4:1.Data.0	1	REGULADOR DE TENSION DISPONIBILIDAD CANAL RAT1
30/4/2008 13:04:57	U1		1	Event description not found.
30/4/2008 13:04:57	U1		1	Event description not found.
30/4/2008 13:06:01	U1	Rack_2:8:1.Data.0	1	REGULADOR DE TENSION PROTECCIONES DEL GENERADOR
13/5/2008 13:25:36	U1	Rack_5:4:1.Data.1	0	MOTOBOMBA 1 SISTEMA DE ACEITE A PRESIÓN CIRCUITO INDISPONIBLE
24/5/2008 08:28:24	U1	Rack_4:3:1.Data.1	1	GENERADOR LLAVE DE TEMPERATURA ALTA
25/5/2008 14:52:33.5832000	U1	Rack_5:14:1.Data.0	0	INTERRUPTOR Q 31 CERRADO

Emitido por SOE-TSA

Data de emissão:16/6/2008 16:32:46

Figura 3 – Exemplo de relatório do sistema SOE

## 5 DISCUSSÃO

Durante a implantação e *start-up* ocorreram alguns problemas, sendo necessária uma nova abordagem e algumas modificações do sistema especificado inicialmente, principalmente na rede de controle, rede de eventos e sistema SOE.

A topologia da rede de controle foi inicialmente concebida como uma rede em um único anel, entre Quilleco e Rucúe. Para criar uma maior segurança e disponibilidade da rede, a comunicação entre a usina e a sala de controle foi implantada utilizando-se dois meios físicos diferentes, um por fibra ótica e outro por rádio, conforme mostrado na Figura 4.

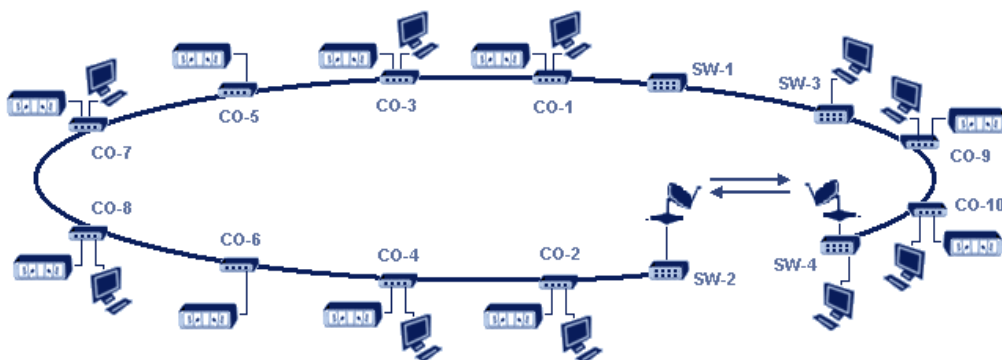
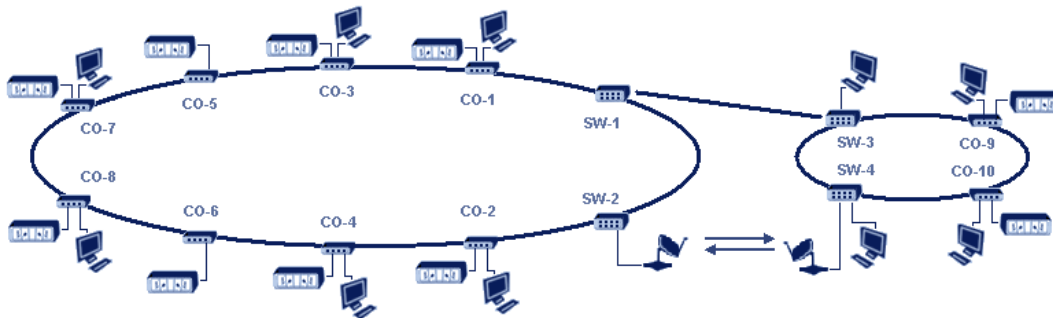


Figura 4 – Topologia da rede em anel

Esta redundância do meio físico causou problemas no fechamento da rede em anel, pois o gerenciamento da rede não utilizava o *link* via rádio, por possuir uma resposta mais lenta. Para resolver este problema, a topologia da rede foi modificada, dividindo-a em dois anéis, um para a rede de Quilleco e outro para a rede de Rucúe,

conectados por dois links, um em fibra ótica e outro via rádio, conforme mostrado na Figura 5.



**Figura 5** – Topologia da rede em anel modificada

Inicialmente, o sistema de geração e armazenamento de eventos SOE foi desenvolvido no software supervisor, utilizando script em Visual Basic e banco de dados Access da Microsoft. Em testes de plataforma, este sistema funcionou de forma satisfatória, mas, com a integração de todo o sistema, ele não apresentou a performance desejada, ocorrendo perda de eventos e grande demora na geração de relatórios. Isto levou a uma nova abordagem para o sistema SOE. O sistema ideal deveria ser independente do sistema supervisor e possuir um banco de dados de maior capacidade. Em vista da dificuldade de se encontrar um software no mercado que promovesse a integração de eventos de fontes diversas, foi necessário o desenvolvimento de um software dedicado, específico para esta aplicação.

## 6 CONCLUSÃO

Os sistemas de automação e controle de usinas hidroelétricas com filosofia de operação à distância necessitam de grande confiabilidade e disponibilidade do sistema. Para a elaboração de projetos deste tipo, devem ser consideradas questões importantes para se conseguir estes objetivos, como redundância de dispositivos, redundância de meio físico de redes e confiabilidade do sistema de alarmes.

Devido à diversidade de dispositivos necessários ao sistema, as redes de comunicação devem ser escolhidas de forma a possibilitar a total integração, observando os padrões existentes no País. Redes de comunicação com a função de transmitir eventos, como trip ou alarmes de relés de proteção devem prover o *timestamp* do evento com precisão de milissegundos. Além disso, é necessário que todos os dispositivos que originem eventos estejam sincronizados, de forma a possibilitar a análise seqüencial dos eventos de forma precisa.

## REFERÊNCIAS

- 1 KEMA-ECC/ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE - EPRI. ICCP Users Guide, Estados Unidos, Outubro, 1996.
- 2 IEC UTILITY COMMUNICATIONS SPECIFICATIONS WORKING GROUP. IEC 870-6-702 TASE.2 Services and Protocol, Estados Unidos, Agosto, 1996.
- 3 IEC UTILITY COMMUNICATIONS SPECIFICATIONS WORKING GROUP. IEC 870-6-702 TASE.2 Profiles, Estados Unidos, Fevereiro, 1997.

- 4 IEC UTILITY COMMUNICATIONS SPECIFICATIONS WORKING GROUP. IEC 870-6-802 TASE.2 Object Models, Estados Unidos, Agosto, 1996.
- 5 TIMING COMMITTEE TELECOMMUNICATIONS AND TIMING GROUP - RANGE COMMANDERS COUNCIL. IRIG STANDART 200-04 IRIG Serial Time Code Formats, Estados Unidos, Setembro, 2004.
- 6 EEMUA, "Alarm Systems, a Guide to Design, Management and Procurement". EEMUA Publication 191:1999, EEMUA, London UK, 1999.